

## ОБЗОРЫ

З.В.Василенко, В.А.Седакова

### МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕКТИНА

Учреждение образования «Могилевский  
государственный университет продоволь-  
ствия»

*В обзоре дается сравнительная харак-  
теристика существующим методикам  
определения пектина, а также рас-  
смотрена возможность применения той  
или иной методики в зависимости от  
цели исследователя.*

В литературе описано достаточно много методик количественного определе-  
ния пектина в растительной ткани. Однако,  
когда перед исследователем встает вопрос  
об определении пектина в том или ином  
растительном объекте, он неизбежно стал-  
кивается с проблемой выбора методики  
определения пектина, которая удовлетво-  
ряла бы его цели исследования.

Известно, что пектиновые вещества  
в больших или меньших количествах со-  
держатся во всех частях растений [15].  
Они локализованы в различных частях  
растительной ткани [4, 22] и выполняют  
различные функции. Различают протопек-  
тин и растворимый пектин, который со-  
держится в клеточном соке, межклеточной  
ткани и служит запасным веществом, во-  
влекаемым в процесс обмена [5]. Прото-  
пектин же составляет основу пекто-  
целлюлозной оболочки, срединной пла-  
стинки и служит как бы цементирующим  
веществом, скрепляющим клетки в единую  
ткань [5], при этом он нерастворим в воде.  
По фракционному составу пектины разных  
растений имеют определенные различия.  
Больше всего их наблюдается в количест-  
венном соотношении моносахаридов [15].  
Например, в пектине яблок преобладает  
галактоза, в пектине корнеплодов - араби-  
ноза. Исследователями [19, 24] отмечаются  
значительные различия в содержании га-  
лактуроновой кислоты как в исходных

формах пектина, так и в отдельных фрак-  
циях.

Поскольку количественное опреде-  
ление пектинов всегда производится в рас-  
творях, то и объект исследования должен  
находиться в растворимом состоянии.  
Наиболее часто перед исследователем  
встает вопрос, каким образом извлечь пек-  
тин из растительной ткани. Методика из-  
влечения зависит от цели проводимого ис-  
следования:

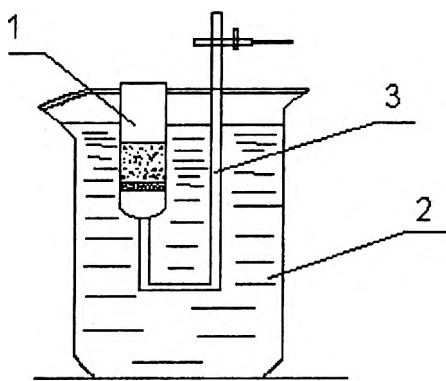
1. при проведении экспресс-  
определения качества сырья (с точки зре-  
ния содержания в нем пектина) необходи-  
мо использовать быстрое получение всего  
гидролизата пектиновых веществ;

2. при проведении научно-  
исследовательской работы с различными  
растительными объектами, где требуется  
знание фракционного состава пектина, не-  
обходимо использовать его фракционное  
извлечение.

К первому способу относится одно-  
временное извлечение из растительной  
ткани растворимого пектина и гидролизата  
протопектина. При этом вследствие нерас-  
творимости протопектина в воде исполь-  
зуют гидролизующие агенты, которые од-  
новременно экстрагируют и гидролизуют  
протопектин, чем переводят его в раство-  
римое состояние. В литературе описывает-  
ся большое количество химических реа-  
гентов, используемых для гидролиза про-  
топектина. К ним относятся как минераль-  
ные кислоты (серная, азотная, соляная,  
сернистая, ортофосфорная и др.), так и ор-  
ганические (уксусная, винная, щавелевая,  
лимонная и др.).

Существуют также методы гидроли-  
за с помощью слабых оснований. В каче-  
стве гидролизующих агентов в этом случае  
выступают соли органических кислот (ам-  
мония оксалат, аммония ацетат и др.) и  
водный раствор аммиака. Время проводи-  
мого гидролиза - экстракции варьирует в  
широких пределах: от 25-30 минут до 6-8  
часов и зависит от условий проведения  
процесса: температуры реакционной сме-  
си, концентрации гидролизующего агента  
и вида растительного сырья.

Ко второму способу извлечения пектина относится ступенчатая экстракция с использованием одного или нескольких гидролизующих агентов. Одним из первых способов экстракции этого типа считается экстракция водой. При этом фракцию растворимого пектина получали при 40–50 °С, а фракцию протопектина - кипячением с водой в автоклаве под давлением, что приводит к значительной деструкции исходного пектина [24]. Ступенчатую экстракцию удобно проводить в специальном приборе – экстракторе Вейх–Филипса (рис.1) [2].



1 – экстрактор, 2 – водяная баня, 3 – трубка приемника

Рис. 1. Экстрактор Вейх – Филипса

Исследуемый материал помещается в сосуд 1, снабженный фильтром из пористого стекла, и заливается предварительно нагретой до необходимой температуры экстракционной жидкостью. Требуемая для экстракции температура поддерживается с помощью водяной бани 2. После завершения экстракции жидкость с помощью водяного насоса отсасывается через трубку 3 в приемник. Далее при необходимости проводится следующая экстракция либо той же экстракционной жидкостью, либо другой. При этом можно собирать либо весь экстракт сразу, либо по фракциям.

Наиболее распространена ступенчатая гидролиз - экстракция с использованием гидролизующих агентов различной природы. Например, экстракцию растворимого пектина ведут дистиллированной водой при температуре 40-50 °С в одну или

несколько стадий, а гидролиз - экстракцию протопектина раствором кислоты при температуре 80-85 °С. Большинство исследователей выделяют две фракции пектиновых веществ – растворимый пектин (экстрагируют водой) и протопектин (экстрагируют раствором кислоты). Однако некоторые исследователи [6] выделяют три фракции пектина: растворимый пектин (водной экстракцией), пектин растворимый в щавелевокислом аммонии (экстракция раствором щавелевокислого аммония) и протопектин (кислотная экстракция). Однозначной точки зрения на различия между фракциями не существует. Высказываются предположения, что пектин, растворимый в щавелевокислом аммонии - это протопектин, входящий в состав срединных пластинок растительной ткани, а протопектин, извлекаемый кислотой, - протопектин клеточных оболочек.

Все существующие методики количественного определения пектина можно разделить на два больших класса [7]:

- методики, не сопровождающиеся химическими изменениями нативной структуры его молекул;
- методики, сопровождающиеся химическими изменениями его молекул.

#### МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕКТИНА, НЕ СОПРОВОЖДАЮЩИЕСЯ ХИМИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ МОЛЕКУЛ

К этому классу методик определения содержания пектина относятся осаждение пектина с помощью различных осадителей, титрование пектиновой кислоты, определение пектиновых веществ по удельному вращению его растворов, нефелометрические и турбидиметрические методики определения, полярографические методики, ИК – спектроскопия.

Методика *осаждения пектина этиловым спиртом* была описана Вихманом [43]. Методика основана на дегидратирующем действии этанола, лишаящего пектиновые молекулы водных оболочек, что приводит к образованию крупных агрегатов молекул, которые выпадают в осадок [7,8]. Достоинство методики количественного определения пектина осаждением этиловым спиртом состоит в том, что она

является прямым определением [2]. К недостаткам этой методики можно отнести соосаждение так называемых сопровождающих полисахаридов: арабианов, галактанов, гемицеллюлоз и др., которые также способны выпадать в осадок под действием этанола. Поэтому исследуемый раствор нужно освобождать от вышеперечисленных веществ, что неизбежно приведет к увеличению длительности определения (за счет подготовительных стадий). Исследователи [7] утверждают, что 70 % - ная концентрация этанола, которая получается при прибавлении 2,5 объемов 96%-го этанола к одному объему исследуемого раствора, является границей, позволяющей отделить пектиновые вещества от «сопровождающих» полисахаридов, требующих для своего осаждения более высокой концентрации спирта. В тоже время Ф. Хенглейн [24] рекомендует использовать для осаждения такое количество 96-го % спирта, чтобы получить его конечную концентрацию 40-50 %, т.к. уже при 65 % - ной концентрации спирта начинают осаждаться камеди.

Методики количественного определения пектиновых веществ путем спиртового осаждения достаточно широко распространены. В некоторых странах они приняты в качестве стандарта. Например, в Германии используется методика количественного определения пектина с помощью спиртового осаждения и отделения пектина центрифугированием [59].

Разновидностью этой методики можно считать осаждение пектина с помощью других органических осадителей: ацетона и метанола. Методика определения пектиновых веществ *осаждением ацетоном* описана Хинтоном [43]. Поскольку дегидратирующее действие ацетона выше, чем этанола, то для осаждения пектина требуются более низкие его концентрации. Шнейдер и соавторы [55] описали методику осаждения пектина с помощью метанола.

Осаждение пектиновых веществ из растворов можно проводить и другими органическими спиртами (пропанолом, изобутанолом и т.д.), а также солями некоторых металлов (алюминия, меди, кальция).

Под действием ионов металлов пектиновые вещества теряют агрегативную устойчивость в растворе и вследствие этого выпадают в осадок, причем металл может образовывать химические связи с молекулами пектина, что, в свою очередь, сильно изменяет физико-химические свойства выделяемого пектина. Таким образом, методика осаждения пектина с помощью солей металлов не приобрела широкого распространения, а используется лишь в качестве аналитического метода определения пектиновых веществ (кальций – пектатный метод). Однако результаты в этом случае, как правило, получаются завышенными, вследствие загрязнения осадка ионами кальция.

Методика *количественного определения пектина титрованием пектиновой кислоты* также существует в нескольких вариациях, которые описаны Хинтоном [43], Деулом [43], Г.Караколевым с соавторами [14] и др. Методика основана на титровании свободных карбоксильных групп пектина раствором щелочи, последующей деэтерификацией этерифицированных карбоксильных групп и их титровании тем же раствором щелочи. Достоинством этой методики является прямота определения. К недостаткам относится длительность определения, обусловленная тщательной очисткой исследуемого раствора пектина от большинства электролитов, а также относительная сложность необходимой аппаратуры. В результате перечисленные недостатки не позволили этой методике получить широкого распространения.

Мак – Криди с соавторами [47] разработали методику *определения цитрусового пектина по оптическому вращению*. При этом разность между удельным вращением раствора пектина и удельным вращением фильтрата после осаждения пектина прямо пропорциональна концентрации пектина в растворе. Однако, известно, что пектины, выделенные из различных источников различными методами, имеют разные величины удельного вращения. Вследствие чего методика также не получила широкого распространения.

*Нефелометрическая и турбидиметрическая методики определения пектина* основываются на явлении светорассеяния растворов пектина [1, 3, 10, 20, 54, 61, 62]. Впервые методика количественного определения свекловичного пектина по изменению относительной интенсивности светорассеяния и мутности растворов описана Н.П.Шелухиной [2]. Согласно этой методике, из исследуемого раствора удаляют белки и обесцвечивают красящие вещества, после чего раствор помещают либо в кювету нефелометра (нефелометрический метод) и определяют относительную интенсивность светорассеяния, либо в кювету фотоэлектроколориметра (турбидиметрический метод) и определяют оптическую плотность раствора. Искомую концентрацию пектина в обоих случаях находят по градуированному графику. Недостатками этой методики является необходимость в высокой степени очистки пектиновых препаратов от побочных веществ, которые могут сильно искажать результаты определения, а также наличие специального оборудования.

*Полярографическая методика определения* была разработана А.Л.Маркманом и А.С.Гороховской [17]. Методика основана на погашении пектином полярографической волны кислорода в 0,001м растворе калия хлорида. Причем, при увеличении концентрации пектина в растворе снижается максимум полярографической волны. Определение производят при помощи калибровочного графика. Эту методику рекомендуется использовать для определения концентрации пектина в чистом растворе. Для определения пектина в растительном сырье эта методика мало пригодна из-за присутствия в пектиновых гидролизатах веществ непектиновой природы, способных поглощать кислородный максимум.

*ИК-спектроскопия* основывается на поглощении функциональными группами пектиновых веществ в инфракрасной области спектра. При этом полоса поглощения эфирной группы равна  $1740\text{ см}^{-1}$ , амидной группы –  $1650\text{ см}^{-1}$ , уронидной составляющей –  $1607\text{ см}^{-1}$  [28]. Эта методика определения пектина получила даль-

нейшее развитие в работах [23, 52]. Однако широкого распространения также не получила вследствие необходимости использования специальных приборов и оборудования.

### *МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕКТИНА, СОПРОВОЖДАЮЩИЕСЯ ХИМИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ МОЛЕКУЛ*

К этому классу методик количественного определения пектина относятся следующие: определение по количеству пектовой кислоты, кондуктометрическое определение пектина, методика определения массовой доли функциональных групп, кальций–пектатная методика определения, определения уроновых кислот, определение по количеству фурфурола, хроматографическое определение пектиновых веществ и фотометрические методики определения концентрации пектина.

*Определение по количеству пектовой кислоты* основано на нерастворимости пектовой кислоты в сильных минеральных кислотах. Методика, описанная [42, 50], заключается в омылении пектина раствором щелочи с последующим осаждением кислотой хлороводной. Количество пектина (в виде пектовой кислоты) определяется по разности между массами до и после определения золы. К недостаткам этой методики относятся длительность определения и искажение результатов вследствие низкой очистки пектина.

*Кондуктометрическое определение пектина* основано на измерении электропроводности исследуемых растворов [9, 12, 21, 25]. Частный случай методики – кондуктометрическое титрование, основанное на определении содержания вещества по излому кривой в процессе кислотно–основного титрования. Кривые кондуктометрического титрования при этом будут представлять собой графики зависимости: количество титранта – электропроводность раствора. В ходе определения пектин переводят в пектовую кислоту омылением раствором щелочи, после чего осаждают пектовую кислоту минеральной кислотой и проводят определение пектовой кислоты кондуктометрическим титро-

ванием [7]. Ограниченное распространение методики связано с необходимостью проведения анализа на специальном оборудовании – кондуктометре, а также косвенность проводимого определения.

*Методика определения массовой доли функциональных групп* также основана на использовании кислотно-основной реакции. При этом в растворе происходит изменение концентрации высокоподвижных кислотных (водородных) и щелочных (гидроксильных) ионов, а кривые титрования имеют отчетливо выраженные изломы [9]. Эта методика имеет те же недостатки, что и предыдущая.

*Классическая кальций-пектатная методика определения пектина* описывается Каре и Хайнесом [30]. Многие исследователи считают: эта методика определения одна из наиболее надежных, дающих хорошую сходимостъ параллельных опытов [2]. Сущность методики заключается в следующем: пектин переводят в раствор, омыляют щелочью и осаждают в виде кальциевой соли, которую далее определяют гравиметрически. В зависимости от цели исследования можно определить либо фракционный состав, либо суммарное количество пектиновых веществ в исследуемом объекте [9, 11].

Одной из модификации кальций-пектатной методики определения пектина является методика, разработанная Назаренко Г.Д. и Исаенко Н.Н. [18]. Авторы предложили заменять гравиметрический метод в конце исследования на потенциометрический метод с использованием чувствительного к ионам кальция мембранного электрода. При этом содержание пектина находят по калибровочному графику. Результаты потенциометрических измерений хорошо согласуются с гравиметрическим определением [7]. Недостатками этой методики определения пектина являются ее длительность и возможность соосаждения сопутствующих (непектиновых) составляющих растительной ткани. Однако несмотря на указанные недостатки, кальций-пектатная методика получила широкое распространение из-за надежности, простоты и доступности.

*Определение по уронидной составляющей* основано на декарбоксилировании уроновых кислот при кипячении с 12 % -ной кислотой хлороводородной. При этом одна молекула уроновой кислоты дает одну молекулу диоксида углерода [2, 9]. Впервые методика определения пектиновых веществ, основанная на этой реакции, была предложена Лефевре и Толленсом [43]. Образующийся в реакции диоксид углерода поглощается раствором щелочи и его количество определяется по увеличению массы поглощающего раствора. Для сокращения времени определения МакКриди, Свенсон и Маклай [48] предложили использовать для декарбоксилирования 19%-ную кислоту хлороводородную при температуре 145 -150°C. При этом время декарбоксидирования снижается с 6 до 2 часов. Недостатками этой методики также являются косвенность и длительность определения.

*Определение пектина по количеству фурфурола* является одной из первых методик анализа [7]. Методика основана на способности полигалактуроновой кислоты при нагревании с минеральной кислотой расщепляться до мономерных звеньев D – галактуроновой кислоты, которая далее превращается в L – арабинозу и, наконец, в фурфурол. К недостаткам этой методики, прежде всего, относится образование параллельно с фурфуролом муравьиной кислоты, т.е. реакция перехода арабинозы в фурфурол не является количественной [24].

Одной из активно используемых методик анализа является *хроматографическое определение пектина* [29, 33-37, 39-40, 45, 51, 53, 56, 62-65]. Уже разработаны методики определения галактуроновой кислоты при помощи ионообменной, газожидкостной и жидкостной хроматографии. Однако эти методики количественного определения являются одними из самых сложных вследствие необходимости использовать в ходе анализа ферментные препараты для расщепления пектинов в пищевых продуктах до олигогалактуроновых кислот, а также привязанности к определенному виду оборудования. При этом результаты анализа сильно зависят от зна-

чения pH реакционной среды и структуры самих пектиновых молекул.

Наибольшее распространение среди исследователей получили *колориметрические методики определения пектина*. Эти методики основаны на использовании колориметрической реакции между продуктами кислотной деградации полигалактуроновой кислоты и хромофор- и ауксохромсодержащими реагентами [7,9]. В качестве хромофор- и ауксохромсодержащих реагентов используют различные органические соединения. Дише [32] впервые предложил использовать карбазол для определения гексаурановых кислот. Существует несколько вариантов определения пектина с помощью карбазола. Один из них описан Мак – Комом и Мак – Криди [46] и состоит в следующем: вначале проводят дезтерификацию растворенного пектина щелочью, после чего проводят колориметрическую реакцию по определенному алгоритму и измеряют интенсивность окраски полученного раствора при длине волны 520 нм. Количество пектина в растворе определяют по калибровочному графику, где в качестве стандарта используют растворы d - галактуроновой кислоты.

Дальнейшее развитие эта методика получила в работах Грегори [41]. Автор предложил при проведении колориметрической реакции включать небольшие количества боратов, которые повышают максимум поглощения фурановых производных. При этом измерение интенсивности окраски необходимо производить при 530 нм. Битер и Мейер [26] использовали бораты не в качестве буферного раствора, а в качестве добавки непосредственно к серной кислоте, что позволило увеличить чувствительность методики.

Помимо карбазола, в качестве колориметрического реагента используют м - оксидифенил [27, 38, 44, 57, 60], 3,5-диметилфенол [49, 57], цистеин [31], 2-тиобарбитуровую кислоту [66], 3-фенилфенол [58] и др. При этом, если в качестве колориметрического реагента используют м-оксидифенил, то абсорбцию измеряют при 520 нм; если используют 3,5-диметилфенол, то абсорбцию измеря-

ют при 450-400 нм; цистеин – 600 нм, 2-тиобарбитуровую кислоту – 438 нм.

Многие исследователи [43] отмечают, что при использовании колориметрических методик определения пектина необходимо хорошо очищать исследуемые образцы от непектиновых примесей (особенно нейтральных сахаров и пентоз), а также проводить полный гидролиз пектина до мономерных звеньев.

Таким образом, все методики количественного определения пектина имеют какие – либо недостатки: длительность определения, необходимость в специальном дорогостоящем оборудовании, низкую точность и надежность.

Помимо этого, хочется отметить, что по сей день в литературе, посвященной проблемам количественного определения пектина, присутствует некоторая терминологическая путаница. Часто приходится сталкиваться с тем, что в некоторых источниках не разграничиваются понятия количественного определения пектина в сырье и определение «количественных» характеристик самого пектина (физико-химических показателей).

В настоящее время одной из основных проблем при производстве пектина остается выбор методики количественного определения пектина в сырье и в пектинсодержащих продуктах. Поскольку в настоящее время не существует универсальной методики количественного определения пектина в растительной ткани, то необходимо разработать такую экспресс-методику определения пектина в сырье, которая обладала бы высокой воспроизводимостью, точностью, надежностью измерений, а также была общедоступной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев Л.М. Вредные коллоиды диффузионного сока и их определение //Тр. Воронеж. хим. – технол. инст-та. – 1938. - №1. – С.115 – 126.
2. Аймухамедова Г.Б., Шелухина Н.П. Пектиновые вещества и методы их определения – Фрунзе: Илим, - 1964. – 120 с.
3. Бугаенко И.Ф., Лапкин А.И., Моисеев И.П. Количественное определение пек-

- тиновых веществ и их роль в процессе сахарного производства // Сах. пром. – 1973. - №2. – С.15 – 18.
4. Гапоненков Т.К. О биосинтезе пектиновых веществ в растениях // Биохимия – 1957. – Т.22, вып.3. – С.565 – 567.
5. Гапоненков Т.К., Проценко З.И. О пектиновых веществах и их роли в растениях // Ботан. журнал. – 1962. – Т.47, №10. – С.1488 – 1493.
6. Гапоненков Т.К., Проценко З.И. Определение пектиновых веществ сахарной свеклы // Сахарная промышленность. – 1962. – Т.36. - №8. – С.27 – 29.
7. Голубев В.Н., Шелухина Н.П. Пектин: химия, технология применение – Москва: Изд-во Академии тех-х наук РФ, 1995. – 388 с.
8. Донченко Л.В., Карпович Н.С., Игнатъева Г.Н. Пектин. Методы контроля в пектиновом производстве. – К.: Знание, 1992. – 113 с.
9. Донченко Л.В., Нелина В.В., Карпович Н.С. и др. Методические указания по определению пектиновых веществ в производстве – М.: Спектр, 1997. – 40 с.
10. Думанский А.В., Харин С.Е. Влияние коллоидов на процесс коллоидоварения – Киев: Изд-во АН УССР, 1950. – 68 с.
11. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Смирнова М.И., Мурын И.К. Методы биохимического исследования растений – Москва: Гос. изд-во с. – х. лит. – 1952. – 520 с.
12. Игнатъева Г.Н. Повышение чувствительности кондуктометрического метода анализа пектиновых веществ// Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. - №8. – С.60-62.
13. Кайшева Н.Ш., Щербак С.Н., Компанцев В.А., Крикова Н.И., Иванова Л.И. Анализ пектинов защитного действия// Журн.аналит.химии. – 1994.- Т.49. - №11. – С.1158-1162.
14. КаракOLEV Г., Огнянов Ил., Маринов М. Пектиновые вещества. Химия, производство и приложение – София: Державно изд-во «Наука и Изкуство», 1956. – 159 с.
15. Карпович Н.С., Донченко Л.В., Нелина В.В. Пектин. Производство и применение. – Киев: Урожай, 1989. – 88 с.
16. Лукпанец И.Г., Штатская О.В., Лисиченко В.Л., Бурляев Б.П. Исследование возможности высокочастотной кондуктометрии и инъекционной энтальпиметрии для быстрого определения пектиновых веществ// 5 Всесоюзн. конф. по аналитической химии орг. соединений. – М., 1984. – С.70 – 71.
17. Маркман А.Л., Гороховская А.С. Полярография пектинов// Заводск. лаб. – 1957. – Т.23, №3. – С.289-295.
18. Назаренко Г.Д., Исаенко Н.Н. Лазерное оптикоэлектронное устройство для контроля качества пищевых продуктов// Современные способы сохранения качества товаров в торговле. – Киев, 1985. – С.106 – 109.
19. Сапожникова Е.В., Алба И.П., Борнашева Г.С. Фракционный состав и локализация пектиновых веществ в связи с их функциями в растениях// Биохимические исследования растительных и животных объектов. – Саранск: Изд-во Морд. гос. ун-та, - 1977. – Вып.2. – С.3 – 10.
20. Сорочан В.Д. Изучение пектиновых веществ методом светорассеяния. Автореферат дисс. канд. хим. наук. – Владивосток. – 1973. – 23 с.
21. Турдакова И.И., Шелухина Н.П., Урисова Б.Э., Аймухамедова Г.Б. Кондуктометрический метод количественной идентификации пектиновых веществ в растительных экстрактах// Изв. АН Кирг.ССР. – 1982. - №5. – С.37 – 39.
22. Фан – Юнг А.Ф., Каминская Ф.И., Бирюкова С.Н. Производство детских, диетических и профилактических консервов. – Киев: Техника, 1984. – 86 с.
23. Филлипов М.П. Инфракрасные спектры пектиновых веществ// Методы анализа пищевых продуктов. – М., 1988. – С.198 – 216.
24. Хенглейн Ф. Пектины// Биохимические методы анализа растений. Перевод с англ. Под ред. Запрометова М.Н. – Фрунзе: Илим, - 1960. – С.280 – 323.
25. Шелухина Н.П., Урисова Б.Э. Турдакова И.И., Аймухамедова Г.Б. Характери-

- стика некоторых методов анализа пектиновых веществ// Изв. АН Кирг.ССР. – 1983. - №4. – С.34 – 36.
26. Bitter T., Muir H.M. A modified uronic acid carbazole reaction // *Anal.Biochem.* – Vol.7. - №4. – P.330-334.
  27. Blumenkranz N., Asboe – Hansen G. New method for quantitative determination of uronic acid// *Anal. Biochem.* – 1973. – Vol.54. - №2. – P.484-489.
  28. Bocick S.M., Welti D. The quantitative analysis of uronic acid polymers by infrared spectroscopy// *Carbohydr. Res.* – 1975. – Vol.42. - №2. – P.217 – 226.
  29. Caranchio V., Girelli A.M., Sinibold M., Tarola A.M. Enzymatic hydrolysis of pectic substances by gel-permeation chromatography// *Chromatographia.* – 1988. – Vol.25. - №10. – P.870-874.
  30. Carre M.H., Haynes D. The estimation of pectin as calcium pectate and application on this method to the determination of the soluble pectin in apples// *Biochem.J.* – 1922. – Vol.16. - №1-3. – P.60-69.
  31. Dische Z., Shettles L.B., Osnos M. New specific color reactions of hexoses and spectrophotometric micromethods for their determination// *Arch.Biochem.* – 1949. – Vol.22. - №2. – P.169-184.
  32. Dosche Z. A new specific color reaction of hexuronic acids// *J. Biol. Chem.* – 1947. – Vol.167. - №1. – P.189-198.
  33. Ford C.W. A routine method for identification and quantitative determination by gas-liquid chromatography of galacturonic acid in pectic substances// *J.Sci.Food Agric.* – 1982. – Vol.33. - №4. – P.318-324.
  34. Forni E., Giangiacomo R., Polesello A. Separazione a determinazione dell'acido galatturonico in preparati pectici commerciali mediante HPLC// *Estratto de Annali I.V.T.P.A.* – 1981. – Vol.4. – P.17-22.
  35. Forni E., Polesello A. Metodiche cromatografiche HPLC par la determinazione quantitative dell'acido galatturonico in pectine ed A.I.S. di frutt// *Estratto da atti I.V.T.P.A.* – 1986. – Vol.9. – P.69 -80.
  36. Forni E., Polesello A., Braga F. Studies on the standartization of a combined enzymatic and HPLC method for the evaluation of pectins from their galacturonic acid content// *Food Hydrocolloids.* – 1987. – Vol.1. - №5-6. – P.531-535.
  37. Forni E., Rizzolo A., Polesello A. Metodo combinato G.C. с HPLC per la valutazione della sostanze pectiche nella frutta fresca c conservata// *Estratto de Annali I.V.T.P.A.* – 1985. – Vol.16. – P.25-36.
  38. Georgi A., Tomusicchio M., Andreotti R. Determinazione rapida della sostanze pectiche nella confetture e nella marmellate// *Ind.Conserve.* – 1985. – Vol.60. - №1. – P.36-38.
  39. Giangiacomo R., Polesello A., Morin F. Determinazione quantitative dell'acido galatturonico in preparati pectici commerciali mediante HPLC// *Estratto de Annali I.V.T.P.A.* – 1982. – Vol.13. – P.17-22.
  40. Giangiacomo R., Polesello A., Morin F. Determinazione quantitative dell'acido galatturonico in preparati pectici commerciali mediante HPLC// *Indust.Aliment.* – 1982. – Vol.194. - №5 – P.386-388.
  41. Gregory J.D. The effect of borate on the carbazole reaction// *Arch. Biochem. And Bioph.* – 1980. – Vol.89. - №2. – P.157-159.
  42. Hottenroth B. Pectine und ihre Verwendung. – Munchen: Verl.von r.oldenbourg. – 1951. – 200 s.
  43. Kertesz Z.I. The pectic substances. N.Y. London: Acad.press. – 1951. – 628 p.
  44. Kinter P.K., Van Buren J.P. Carbohydrate interference and its correction in pectin analysis using the m – hydroxydiphenyl-methods// *J.Food.Sci.* – 1982. – Vol.47. - №3. – P.756-759, 764.
  45. Koseki M., Kitabatake N., Doi E. et al. Determination of pectin in presence of food polysaccharides// *J. Food Sci.* – 1986. – Vol.51. - №5. – P.1329-1332.
  46. McComb E.A., McCready R.M. Colorimetric determination of pectic substances// *Anal.chem.* – 1952. – Vol.24. - №10. – P.1630-1632.
  47. McCready R.M., Shepherd A.D., Swenson H.A. et al. Determination of citrus pectic substances by optical rotation// *Anal.chem.* – 1951. – Vol.23, №7. – P.975 – 977.
  48. McCready R.M., Swenson H.A., MacLay W.D. Determination of uronic acid// *In-*



- dustr.Engng. Chem.Anal.Educ. – 1946. – Vol.18. – P.290 – 291.
49. McFeeters R.F., Armstrong S.A. Measurement of pectin methylation in plant cell walls// Anal.Biochem. – 1984. – Vol.B9. - №1. – P.212-217.
50. Monselise J.J. Rapid routine method for the determination of the total pectin content in citrus products// Israel J. Technol. – 1969. – Vol.7. - №3. – P.271.
51. Platt D., Ben-Shalom N., Levi A. Changes in pectic substances in carrots during dehydration with and without blanching// Food Chem. – 1991. – Vol.39. – P.1-12.
52. Polesello A., Giangiacoma R., Forni E., Braga F. Research on possibility of using NIR spectrophotometry to estimate the pectic substances in fruit and fruit products// Ann.ist.sper.Voloizzar, Technol. Prod. Agr. – 1988. – Vol.19. – P.89 – 102.
53. Quere J.M.Le., Baron A., Segard E. Modification of sugar beet pectin during industrial treatment// Sci. Aliments. – 1981. – Vol.1. - №4. – P.501-511.
54. Sawayama S., Kawalata A., Kumata T., Nakahara H. A light scattering study on the effects of pH on pectin aggregation in aqueous solution// Food Hydrocolloids. – 1988. – Vol.2. - №1. – P.31 – 37.
55. Schneider F., Emmerich A., Laudien C. Eine fur serienanalysen geeignete methode zur destimmung des pectins und seiner begleitstoffe in zuckerhaltigen pflanzenseftei//Zucker. – 1968. – Bd.22, H.1. – S.13 – 20.
56. Schols H.A., Keitsma Y.C.E., Voragen A.G.I., Pilnik W. High – performance ion exchange chromatography of pectins// Food Hydrocolloids. – 1984. – Vol.3. – P.115-121.
57. Scott R.M. Colorimetric determination of hexuronic acids in plant materials// Anal.Chem. – 1979. – Vol.51. - №7. – P.936-941.
58. Sirisomboon P., Tanaka M., Fujita S., Akinaga T., Kojima T. A Simplified method for the determination of total oxalate-soluble pectin content in Japanese pear// J. of Food Composition and Analysis.-2001. -14, P. 83-91.
59. TGL 24079/55 Fachbereichsstandand Obst. – und Gemuscerzeugnisse: Begtim-mung des Pektingehaltes. – 1984.
60. Thibault J.-T. Automatisation du dosage des substances pectiwues par la methode an metahydroxydiphenyl// Lebensmit. – Wiss.Technol. – 1979. – Vol.12. - №5. – P.247-251.
61. Thibault J.-T., Rinaudo M. Gelation of pectinic acids in the presence of calcium counterion// Brit. Polym. J. – 1985. – Vol.17. - №2. – P.181 – 184.
62. Thibault J.-T., Rinaudo M. Chain association of pectic molecules during calcium induced gelation// Biopolimers. – 1986. – Vol.25. - №3. – P.455 – 468.
63. Vazquez-Blanco M.E., Lopez-Hernandez J., Vazquez-Oderis M.L., Simal-Lozano J., Gonzalez- Costro M.J. Determination of pectin by HPLC. A comparison of two methods applied to green beans// J.-Chromatogr.-Sci. – 1995. – Vol.33. - №10. – P. 551-553.
64. Voragen A.G.J, Schols H.A., Clement A.J.J., Pilnik W. Enzymic analysis of pectins// Gums.and Stabilsers for the Food industry 2.Applications of hydrocolloids. Proc.and Intern.Conf. Wexham. Clywb, Wales, July 1983. – Oxford etc: Pergamon Press. – 1984. – P.517-521.
65. Voragen A.G.J, Schols H.A., Pilnik W. Determination of the degree of methylation and acetylation of pectins by h.p.l.c.// Food Hydrocolloids. – 1986. – Vol.1 – P.65-70.
66. Wedlock D.J., Phillips G.O., Bachman M. A new colorimetric assay for pectins// Gum.and Stab. Food Int.: Proc.and Intern. Conf Clywd., July 1983. – Oxford. – 1984. – P.529-533.

## SUMMARY

### Z.V.Vasilenko, V.A.Sedakova ABOUT USE OF VARIOUS PROCEDURES FOR QUANTITATIVE DETERMINATION OF PECTIN

In the review the comparative characteristic to existing procedures of determination of pectin is given, and also the opportunity of application of this or that method is considered, depending on the purpose of the researcher.